



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift
①0 DE 44 22 496 A 1

⑤1 Int. Cl.®:
C 02 F 3/32
B 01 D 24/22

②1 Aktenzeichen: P 44 22 496.6
②2 Anmeldetag: 28. 6. 94
④3 Offenlegungstag: 11. 1. 96

DE 44 22 496 A 1

⑦1 Anmelder:
Stadelmann, Jürgen, 29410 Salzwedel, DE

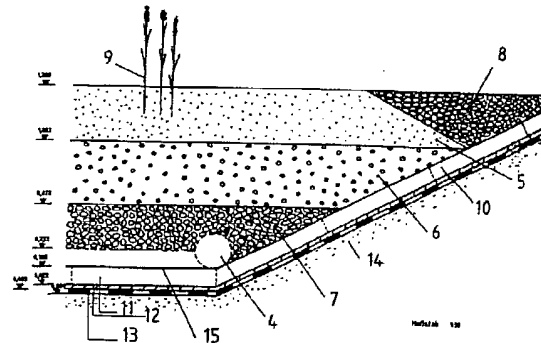
⑦4 Vertreter:
Leinung, G., Dipl.-Jur., Pat.-Anw., 39108 Magdeburg

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Inverses Bio-Filter

⑤7 Die Erfindung bezieht sich auf eine Filteranlage zur Nachbehandlung von Oberflächen- und Regenwasser sowie von Abwässern aus Industrie und Haushalt und von Sickerwasser.
Die aus Rückhaltebecken oder anderen vorgeschalteten Reinigungsstufen dem Inverse-Biofilter 3 zugeführten Abwässer werden einer biologischen Nachbehandlung/Nachreinigung unterzogen, indem sie das Inverse-Biofilter 3 durchströmen und mittels Drainrohren 4 abgeleitet werden. Das Inverse-Biofilter 3 besteht aus mehreren Kiesschichten, von denen die Kiesschichten 5, 6, 7 so übereinander angeordnet sind, daß die Kiesschicht 5 mit dem feinsten Korn oben und die Kiesschicht 7 mit dem Grobkorn unten, auf der Sohle 15 des Beckens vom Inverse-Biofilter 3, gelagert sind.
Das Inverse-Biofilter 3 ist mit Pflanzen 9, Schilf- oder Binsenpflanzen, bepflanzt und weist umfangsseitig eine weitere Kiesschicht 8 auf.



DE 44 22 496 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 95 508 062/119

8/28

Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine Filteranlage, die als Inverses Bio-Filter ausgebildet ist und sowohl zur Nachbehandlung von verunreinigtem Oberflächen- und Regenwasser sowie häuslichen Abwässern und Abwässern aus Bodenwaschanlagen, als auch zur Nachreinigung von Sickerwässern eingesetzt wird.

Klär- bzw. Filteranlagen besitzen mehrschichtige poröse Filter- oder/und Dispergier-Gefügekstrukturen, deren einzelne Schichten verschiedene Körnungen aufweisen, die sowohl durch normale Schüttung der einzelnen Schichten als auch durch Verkleben von mehreren Schichten aufgebaut und gestaltet sind.

Im Verlaufe der Wasserreinigung werden — unter anderem — Filtrierarbeitsgänge durchgeführt; es erfolgt ein biologischer Abbau der organischen Stoffe; fallweise erfolgt ein Austreiben von aggressiven Gasen aus den Flüssigkeiten sowie eine Entwässerung, eine Austrocknung, von Abwasserschläm.

Zur Lösung dieser Filtrier- und Entwässerungsaufgaben sind unterschiedliche Methoden bekannt.

So die Sandfiltration, die Filtrierung mittels geklebter Kiesfilter, Textil- bzw. Metallsiebe sowie die Zentrifugal- und Vakuumfiltration, auch als Schlammpressen bekannt.

Der Wirkungsgrad der bekannten maschinellen Filtrier- und Entwässerungsmethoden ist günstig, ihre filtertechnologische Einsetzbarkeit aber verhältnismäßig eng, wobei ihr Einsatz in den Entwässerungstechnologien durch ihre spezifischen, hohen Investitions- und Betriebskosten beschränkt wird.

Aus diesem Grunde werden in der Abwasserreinigung überwiegend auf Verwendung von natürlichen Stoffen beruhende Filtertechnologien angewandt, von denen die Sandfiltration die am meisten verbreitete ist.

Aus dem durch das Sandfilter strömende Abwasser füllt sich die Festphase in die Sandschicht ein, wobei die Flüssigkeitsphase durch dieselbe strömt. Daraus folgt, daß sich die Filterschicht verstopft und nur derart wieder betriebsfähig gemacht werden kann, daß man die eingefüllte Festphase durch eine Gegenstromspülung entfernt oder die verstopften Schichten abbaut und durch neue ersetzt.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine Bio-Filter-Anlage zu entwickeln, mit der eine Nachbehandlung von verunreinigten Regen- und Abwässern sowie häuslichen Abwässern und Abwässern als Sickerwasser und aus Bodenwaschanlagen, die aus Kläranlagen, Leichtflüssigkeitsabscheidern und weiteren technischen Filteranlagen austreten, erfolgt, wobei die Anlage als Bio-Filter arbeiten und den landschaftlichen Gegebenheiten anpaßbar gestaltet sein soll.

Die Erfindung wird durch die im Hauptanspruch herausgestellten Merkmale gelöst.

Besondere Ausgestaltungen und vorteilhafte Anwendungsmöglichkeiten sind Gegenstand der Unteransprüche.

Mit der erfindungsgemäßen Anlage wurde eine besondere Filteranlage bzw. ein Filter, ein Inverse-Biofilter, geschaffen, dessen Festkörper sich aus, den hydrologischen Verhältnissen angepaßten Kies-Sand-Filter-schichten, genau definierten Körnungslinien zusammensetzt, wobei das Inverse-Biofilter gegen den Untergrund abgedichtet ist und den örtlichen Einsatzgebieten, wie Trinkwasserschutzbereichen, Naturschutzbereichen, aber auch Gewerbegebieten, Rechnung tragend, mit bestimmten Schilf- und Binsenarten bepflanzt ist.

Die Kiesschüttung des Inverse-Biofilters ist so aufgebaut, daß die obere Schicht die feinste Körnung aufweist und dann von Schicht zu Schicht die Korngröße zunimmt, so daß im Sohlbereich das Grobkorn eingelagert ist und sich im Betriebsfall, bei Wassereinstau, das Bio-Filter ausbildet.

Die Erfindung soll mit folgendem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Die dazugehörige Zeichnung zeigt in

Fig. 1 in schematischer Darstellung den Gesamtaufbau einer Inverse-Bio-Filteranlage;

Fig. 2 eine Detailansicht aus der Fig. 1;

Fig. 3 eine Körnungslinie der Kiesschüttung.

Die in Fig. 1 dargestellte Bio-Filteranlage ist als Nachbehandlungsanlage ausgeführt, in welcher, von einem nicht dargestellten Rückhaltebecken, über Rohrleitungen zugeführtes Abwasser biotopisch nachbehandelt und gereinigt wird.

Das dabei im Rückhaltebecken gesammelte Abwasser kann sowohl das von einer Straße/Autobahn über einen Graben abgelaufene Regenwasser sein, als auch Abwässer aus Haushalten, Gewerbe- und Industriebetrieben.

Das aus dem Rückhaltebecken über Rohrleitungen zugeführte Abwasser gelangt zuerst in einen Öl- bzw. Leichtflüssigkeitsabscheider 1. Dieses Abwasser enthält sowohl organische Stoffe, nicht im Rückhaltebecken abgesetzte Stoffe, als auch Schwermetalle. Beispielsweise das von einer Autobahn ablaufende Regenwasser ist angereichert mit Straßenschmutz, den Ölresten, Schmierstoffen und Benzinrückständen, die auf dem Straßenbelag aufliegen und auch teilweise im Straßenbelag schon eingelagert sind. Aber auch Reifenabrieb, Metallteilchen, Lackteilchen und weitere Schadstoffe werden mit dem abfließenden Regenwasser mitgenommen und belasten es selbstverständlich.

Diese Schadstoffe können allein durch Rückhaltebecken nicht ausgesondert werden.

Vom Abscheider 1 gelangt das Abwasser über Rohrleitungen 2 in die als Inverse-Biofilter 3 ausgebildete Nachbehandlungsanlage, erfährt seine biologische Nachbehandlung und wird über Drainrohre 4 abgeführt. Die baulichen Abmaße eines Inverse-Biofilters 3 z. B. für das von einem 1 km langen Teilstück einer Autobahn kommende Regenwasser, was auch einer Fläche von 2,5 ha entspricht, beträgt ca. 40 × 25 m bei einer Mächtigkeit der Kiesschüttung des Inverse-Biofilters 3 von 90 cm, wobei von einem fest definierten gedrosselten Zulauf in das Inverse-Biofilter 3 von 10 l/s ausgegangen wird.

Die Fig. 2 gibt einen genauen Aufbau des Inverse-Biofilters 3 wider, der durch drei übereinander gelagerte Kiesschichten 5; 6; 7 gebildet ist und umfangsseitig, in der Mächtigkeit der oberen Kiesschicht 5 ausgebildet, mit einer Kiesschicht 8 umgeben ist.

Dieser so gestaltete Filterkörper wird mit entsprechenden Pflanzen 9 bepflanzt. Bei den eingesetzten Arten

handelt es sich um biotopgerechte resistente Arten, die ein Höchstmaß an Reinigungswirkung erzielen und die Versorgung der Mikrobiologie innerhalb des Filterkörpers und des so gestalteten Inverse-Biofilters 3 bewirken.

Die sich im weitesten Sinne über die Kiesschüttung 8 ergebende umlaufende Wasserverteilung im Inverse-Biofilter 3 ist mit Wasserpflanzen besiedelt, um den Sauerstoffeintrag weiter zu erhöhen.

Der Untergrund des Inverse-Biofilters 3 ist abgedichtet. Auf dem natürlichen Untergrund wird zuerst ein Feinplanum 14 aufgetragen, darauf eine Folie 13 verlegt, und auf der Folie 13 befindet sich ein Vlies 12.

Sowohl die Sohle 15 des Inverse-Biofilters 3 als auch seine Böschungen 10 sind nach diesem Strukturaufbau ausgeführt.

Die zum Abführen der biologisch gefilterten Abwässer vorgesehenen Drainrohre 4 sind auf der Sohle 15 des Inverse-Biofilters 3 verlegt.

Die einzelnen Kiesschichten 5, 6, 7 des Inverse-Biofilters 3 sind in ihrer Mächtigkeit annähernd gleich, die Körnung jedoch unterschiedlich.

Die untere Kiesschicht besteht aus einem eingetragenen Kies der Normqualität Kies 16/32.

Die Zwischenschicht, die Kiesschicht 6, besteht aus Kies der Qualität 8/16, während die obere Kiesschicht 5 aus einem Kies der Qualität 0/8 besteht, was bereits der Körnung eines feinen Sandes entspricht.

Die Kiesschicht 8 besitzt eine Kiesschüttung der Qualität 32/64.

Der eingesetzte Kies entspricht somit den Korngrößen von Kieskorn und Sandkorn, wobei der Bereich der Körnungsstruktur sich von 0,2 bis 20 mm erstreckt und der Anteil der einzelnen Kornstrukturen, deren Masseanteile, prozentual zur Gesamtmenge im Bereich von 0–100 liegt.

Der Strukturaufbau und seine Zusammensetzung sind aus der in der Fig. 3 dargestellten Körnungslinie zu entnehmen.

Bei der Bemessung und deren Einsatz der Körnung für die einzelnen Kiesschichten 5, 6, 7 finden solche Faktoren wie die zur Verfügung stehende Fläche, die anfallende Wassermenge, die Verweildauer im Inverse-Biofilter 3 und der Durchlässigkeitswert Berücksichtigung.

Unter Beachtung dieser Bedingungen wird sowohl die Struktur der Kiesschichten 5, 6, 7 als auch die Größe der gesamten Anlage des Inverse-Biofilters 3 bestimmt, was folgende Ausführungen belegen.

1. Festlegung Saugerabstand

Sauger = Drainrohre in "Fließrichtung"

Begrenzender Faktor: Durchlässigkeit der oberen Schicht, $k_{fo} = 10^4 \text{ m/s}$ (einschl. Zehnerpotenz Sicherheit)

Zulauf (im Beispiel): $Q_{\text{max}} = 40 \text{ l/s} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$

Erforderliche Filterfläche:

$$F_f = \frac{0,04 \text{ m}^3/\text{s}}{0,0001 \text{ m/s}} = 400 \text{ m}^2 = F_o \quad (\text{Sohlfläche})$$

Voraussetzung: In der mittleren Schicht ist das hydraulische Gefälle $I = H/L = 1$

H = Druckhöhe über der Drainage (Durch die Be- und Entlüftungsschächte erfolgt ein Druckausgleich — deshalb kann H maximal der unteren Schichthöhe entsprechen.)

Gewählte Abmessungen: 20 m × 20 m Sohlfläche

Saugerabstand: 2,5 m (6 Sauger á 20 m Länge)

2. Ermittlung der Ablaufleistung

Ablauf durch die untere Schicht: $Q_{u \text{ max}} = k_{fu} \cdot F_u \cdot I \cdot 1000 [\text{l/s}]$

mit

$$I \approx H/L \quad \text{und}$$

$$L = H + \frac{S}{4}$$

$$L = 0,3 \text{ m} + \frac{2,5 \text{ m}}{4} = 0,925 \text{ m}$$

Damit ergibt sich: $Q_{u \max} = 10^{-2} \cdot 100 \cdot \frac{0,3}{0,925} \cdot 1000 = 324 \text{ l/s}$

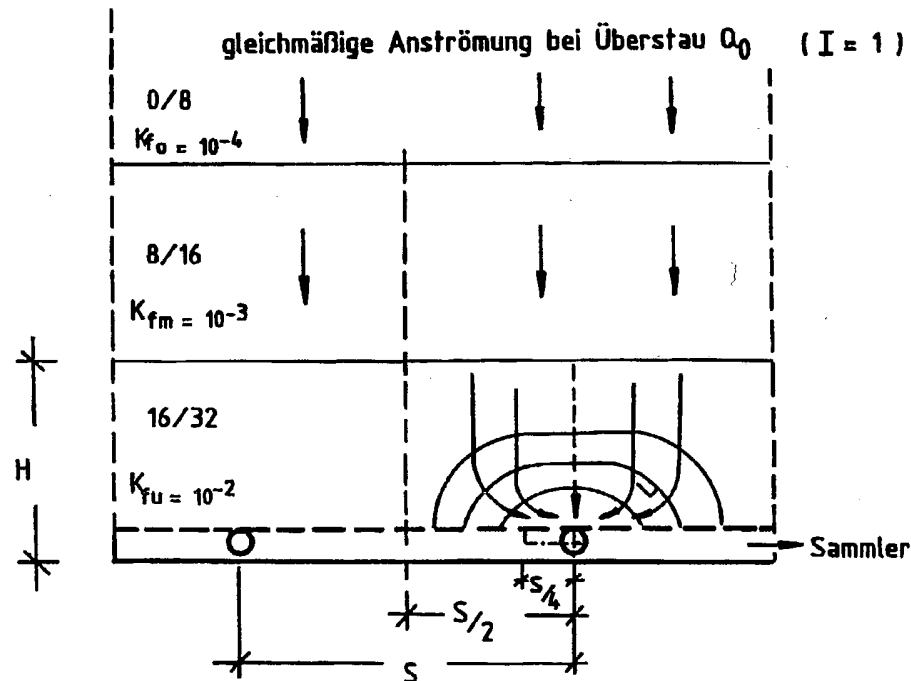
S = Saugerabstand in Meter

F_u = Sohlfläche

I = Hydraulisches Gefälle

$k_{fu} = 10^{-2} \text{ m/s}$ als ungünstigster Fall
für die unterste Schicht

L = Anströmlänge



Es findet somit zwar ein Aufstau über dem Filter statt (wird ja auch gewollt z. B. für die Rentention); die Ablaufleistung insgesamt ist aber nie gefährdet, da die Durchlässigkeiten der unteren Schichten um Zehnerpotenzen größer sind.

Sollte die Durchlässigkeit der oberen Schicht mit der Zeit stark nachlassen, ist immer noch das seitliche Eindringen durch die 32/64-Schicht möglich. Allerdings müssen dann im Zuge regelmäßiger Wartungsarbeiten die "dichten" oberen 2–3 cm des Filters erneuert werden.

Berücksichtigt man Leistungsminderungen (Verstopfungen, Gaseinschlüsse etc.), sollte man von

$$Q_{u \min} = \frac{Q_{u \max}}{10}$$

ausgehen. Diese Bedingung wäre für das Beispiel mit 324 l/s annähernd eingehalten. Bei Erhöhung der Schichtdicke der unteren Schicht auf 0,42 m wäre der "Idealzustand" gegeben, nämlich $Q_{u \min} = 40 \text{ l/s}$. Auf diese Art und Weise läßt sich das Inverse Bio-Filter für jeden Zulauf bemessen.

Die Körnungsstruktur in den Kiesschichten 5, 6, 7 kann dabei der in folgenden Beispielen aufgezeigten Größenordnungen und Anteilen entsprechen:

1. Sieb- und Schlämmanalyse

Tiefe: $U/C_c = 3.5/0.9$

Durchmesser (mm) Durchgang (%)

Durchmesser bei 10% Durchgang = 0.26302 mm

Durchmesser bei 15% Durchgang = 0.31339 mm

Durchmesser bei 30% Durchgang = 0.47646 mm
 Durchmesser bei 50% Durchgang = 0.74391 mm
 Durchmesser bei 60% Durchgang = 0.91755 mm
 Durchmesser bei 85% Durchgang = 1.65865 mm
 Abgeleitete Größen:
 Ungleichkörnigkeit/Krümmungszahl = 3.5/0.9
 kf (Hazen) = 8.0E-4 m/s
 kf (Beyer) = 5.9E-4 – 6.6E-4 m/s.

5

2. Sieb- und Schlämmanalyse

10

Tiefe: U/Cc = 2.5/1.0
 Durchmesser bei 10% Durchgang = 2.24203 mm
 Durchmesser bei 15% Durchgang = 2.63022 mm
 Durchmesser bei 30% Durchgang = 3.66342 mm
 Durchmesser bei 50% Durchgang = 4.98765 mm
 Durchmesser bei 60% Durchgang = 5.71097 mm
 Durchmesser bei 85% Durchgang = 8.36524 mm.

15

Abgeleitete Größen:
 Ungleichkörnigkeit/Krümmungszahl = 2.5/1.0
 kf (Hazen) = 5.8E-2 m/s
 kf (Beyer) = 4.8E-2 – 5.3E-2 m/s (nur gültig für $d_{10} \leq 0.6$ mm).

20

3. Sieb- und Schlämmanalyse

25

Tiefe: U/Cc = 1.8/1.0
 Durchmesser bei 10% Durchgang = 7.30281 mm
 Durchmesser bei 15% Durchgang = 8.07503 mm
 Durchmesser bei 30% Durchgang = 9.90323 mm
 Durchmesser bei 50% Durchgang = 12.19999 mm
 Durchmesser bei 60% Durchgang = 13.50142 mm
 Durchmesser bei 85% Durchgang = 18.34693 mm.

30

Abgeleitete Größen:
 Ungleichkörnigkeit/Krümmungszahl = 1.8/1.0
 kf (Hazen) = 6.2E-1 m/s
 kf (Beyer) = 5.6E-1 – 6.4E-1 m/s (nur gültig für $d_{10} \leq 0.6$ mm).

35

4. Sieb- und Schlämmanalyse

Tiefe: U/Cc = 1.8/1.0
 Durchmesser bei 10% Durchgang = 14.51840 mm
 Durchmesser bei 15% Durchgang = 16.06147 mm
 Durchmesser bei 30% Durchgang = 19.63885 mm
 Durchmesser bei 50% Durchgang = 23.59715 mm
 Durchmesser bei 60% Durchgang = 25.44092 mm
 Durchmesser bei 85% Durchgang = 29.88862 mm.

40

Abgeleitete Größen:
 Ungleichkörnigkeit/Krümmungszahl = 1.8/1.0
 kf (Hazen) = 2.4E+0 m/s
 kf (Beyer) = 2.2E+0 m/s – 2.5E+0 m/s (nur gültig für $d_{10} \leq 0.6$ mm).

45

50

Mit dem erfindungsgemäßen Inverse-Biofilter ist ein System geschaffen worden, das sich durch die besondere Ausgestaltung und den Aufbau der Kiesschüttung, den Einsatz und die Bepflanzung des Inverse-Biofilters mit bestimmten Schilf- und Binsenarten auszeichnet und somit den natürlichen Filtrierbedingungen sehr nahe kommt, sich kostenmäßig in seiner Erstellung und Betreibung zu den bekannten Verfahren und Methoden wesentlich günstiger abhebt und sowohl in Trinkwasser- und Naturschutzbereichen als auch in Gewerbe- und Industriebereichen Anwendung findet.

55

Die Bepflanzung des Inverse-Biofilters 3 bewirkt im Wurzelraum der Pflanzen 9 eine Sauerstoffanreicherung. Die zusätzliche Reinigungsleitung wird durch die Mikroorganismen erreicht, dessen Träger die Pflanzen 9 sind und deren Entwicklung sie gleichzeitig begünstigen.

Durch die auf der Sohle 15 des Biofilters 3 verlegten Drainrohre 4 erfolgt, wie bereits oben beschrieben, die Abführung des Wassers. Damit ist eine Zwangsführung der Strömung vorgegeben, die garantiert, daß der gesamte Filterkörper des Inverse-Biofilters 3 diagonal bzw. vertikal durchströmt wird und dadurch Aufenthaltszeiten von mehr als 6 Stunden bei vorgenanntem Beispiel erreicht werden.

60

Für die Drainage sind Spülschächte in Form von einfachen Kunststoffschächten vorgesehen, die in der weiteren Entwicklung dafür genutzt werden können, z. B. zusätzlich Sauerstoff in den Filterkörper einzutragen, falls dies erforderlich sein sollte. Im Normalfall dienen sie aber lediglich zur einfachen Wartung bzw. Reinigung der Drainrohre 4 im Inverse-Biofilter 3.

65

Patentansprüche

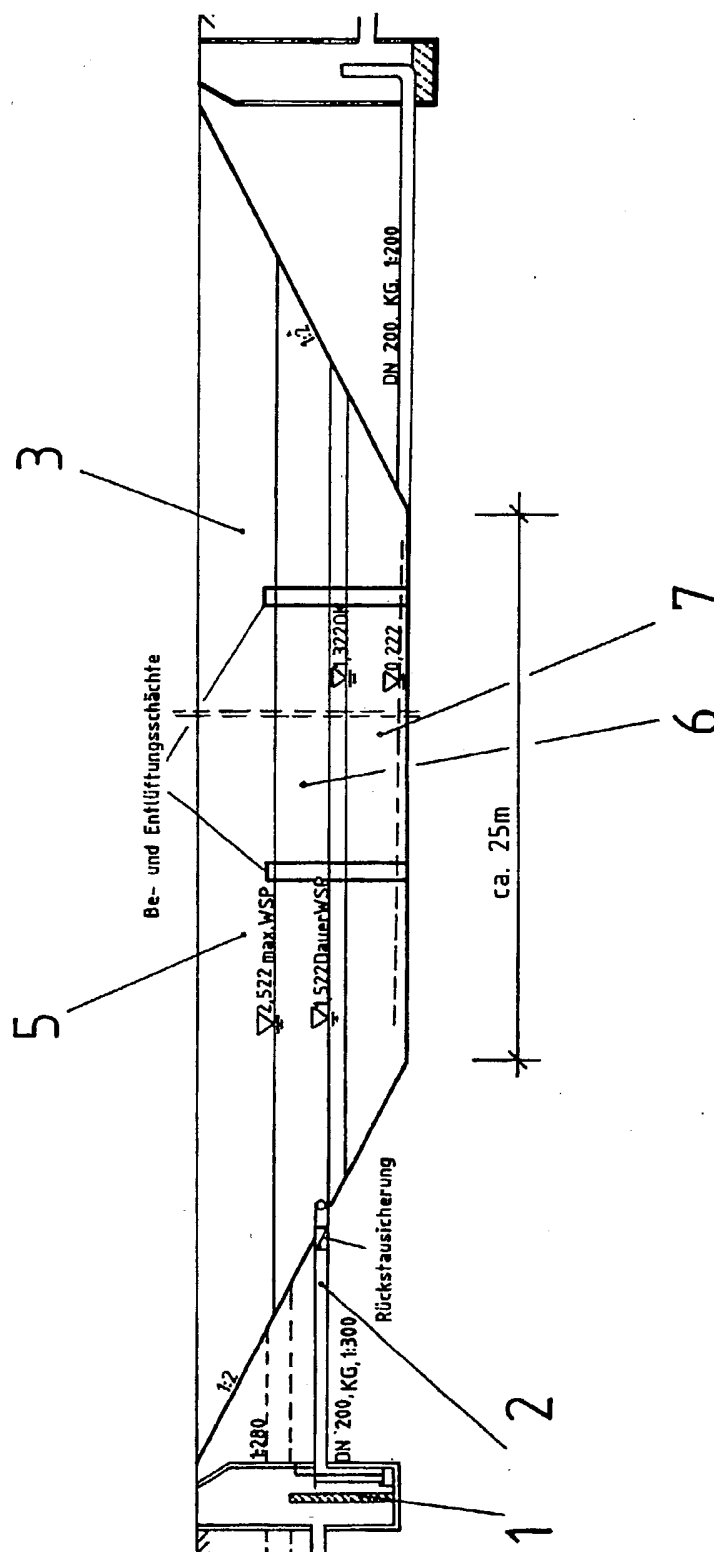
1. Inverses Biofilter zur Nachbehandlung von verunreinigtem Oberflächen- und Regenwasser, häuslichen und industriellen Abwässern mittels mehrerer, unterschiedliche Strukturen aufweisenden Kiesschichten, **dadurch gekennzeichnet, daß**

- die Filteranlage als ein Inverses Biofilter (3) mit mindestens drei übereinander gelagerten Kiesschichten (5; 6; 7) ausgebildet und in einem zum Erdreich abgedichteten Becken angeordnet ist,
 - die mit der feinsten Korngröße versehene Kiesschicht (5) oben, die mit dem größten Korn ausgebildete Kiesschicht (7) auf der Sohle (15) des Beckens vom Inverse-Biofilter (3) und die Kiesschicht (6), mit der mittleren Kornstruktur, zwischen den Kiesschichten (5; 7) lagernd, angeordnet sind,
 - das Inverse-Biofilter (3) mit Pflanzen (9) bepflanzt ist,
 - das Inverse-Biofilter (3) umfangsseitig, zwischen der oberen Kiesschicht (5) und der Böschung (10) eine weitere Kiesschicht (8) aufweist und
 - auf der Sohle (15) des Inverse-Biofilters (3) Drainrohre (4) angeordnet sind.
2. Inverse-Biofilter, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sohle (15) und die Böschung (10) aus Formsteinen (11) mit darunter angeordnetem Vlies (12) und einer nachfolgenden Folie (13) bestehen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Figur 1



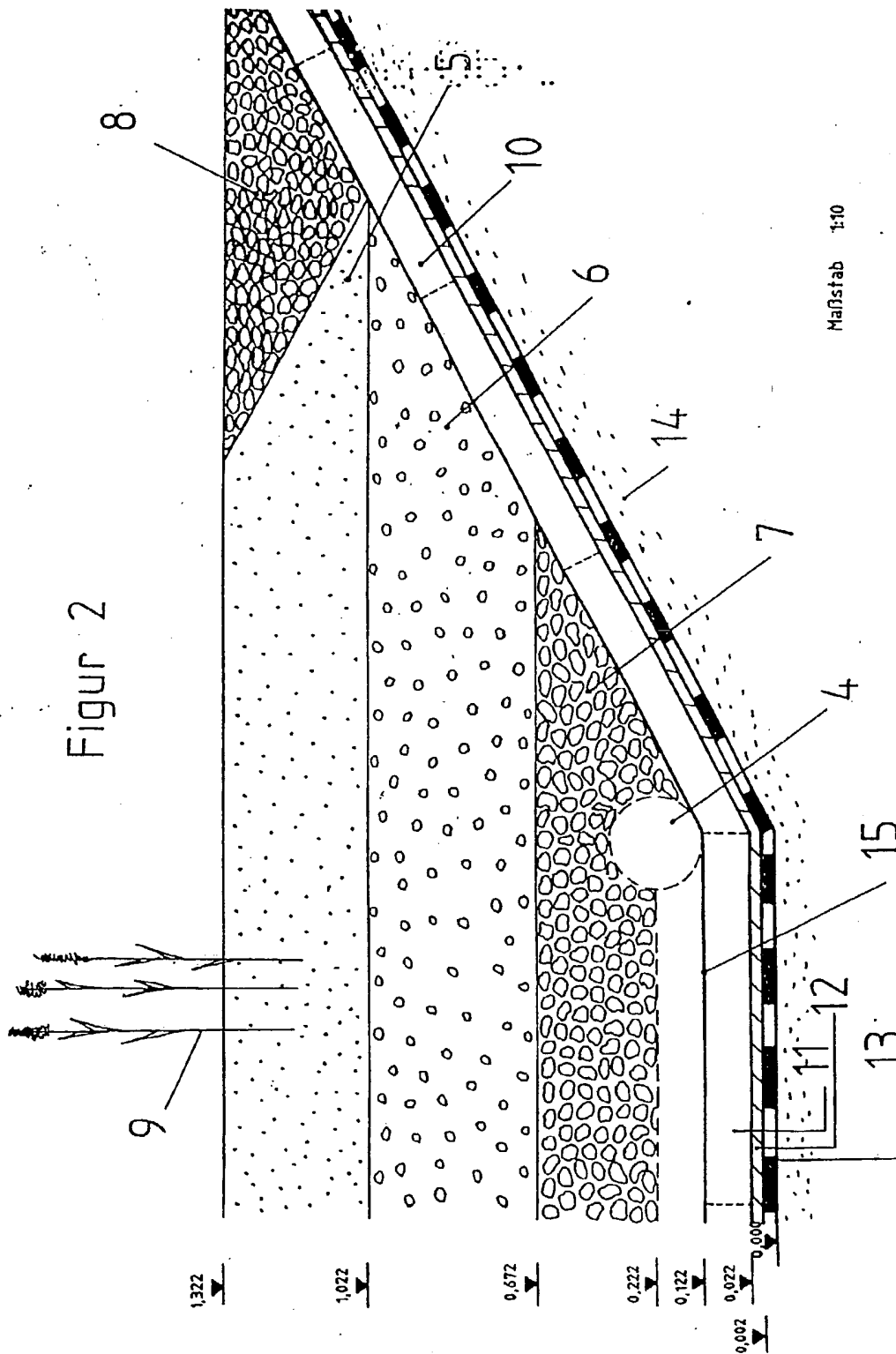
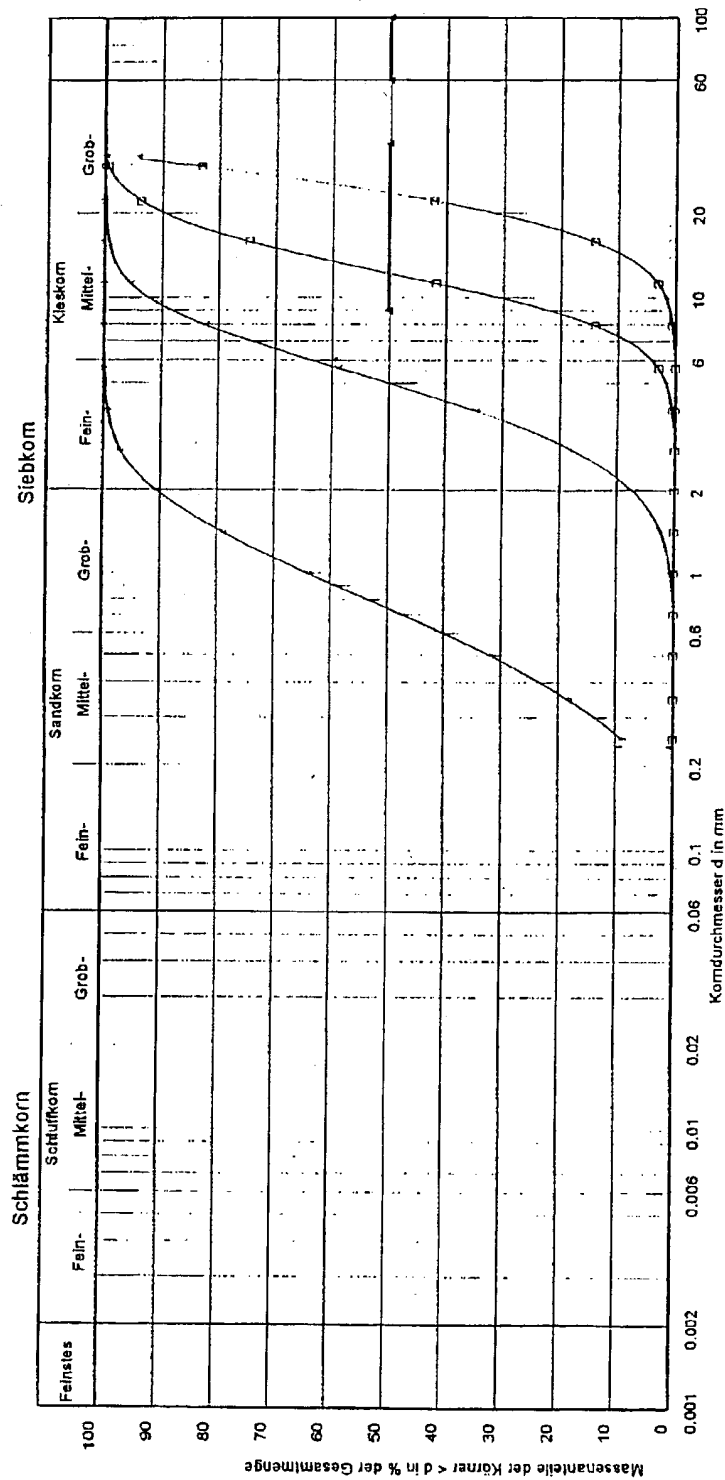


Fig. 3



508 082/119

DERWENT-ACC-NO: 1996-058886 .

DERWENT-WEEK: 199810

COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Sub-surface biological filter for
surface waters drains
through gravel layers - enclosed in
earthen basin, filter is integrated into landscape without
visual intrusion

INVENTOR: STADELMANN, J

PATENT-ASSIGNEE: STADELMANN J[STADI]

PRIORITY-DATA: 1994DE-4422496 (June 28, 1994) ,
1994DE-0022101 (June 28, 1994)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PAGES	PUB-DATE	MAIN-IPC
DE 4422496 A1		January 11, 1996	N/A
009	C02F 003/32		
DE 9422101 U1		January 29, 1998	N/A
016	C02F 003/32		

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DATE	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
DE 4422496A1		N/A	
1994DE-4422496		June 28, 1994	
DE 9422101U1		N/A	
1994DE-0022101		June 28, 1994	
DE 9422101U1		Application no.	
1994DE-4422496		June 28, 1994	

INT-CL (IPC): B01D024/22, C02F003/32

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 4422496A

BASIC-ABSTRACT:

An inverse biological filter treats effluent water arising

from surface waters,
rain water, domestic and industrial effluent by means of
several layers of
gravel. The novelty is that: (a) the filter is an inverse
biological filter
(3) with at least three superimposed layers of gravel (5,
6, 7) held within a
soil-sealed basin; (b) the uppermost (5) layer of gravel is
composed of the
finest grade material, and the coarsest grade of gravel (7)
is on the base
layer (15), intermediate gravel (6) grade being between the
upper and lower
layers; (c) the inverse biological filter is planted with
suitable shrubs,
trees, grasses; (d) the outer surface margin (8) is formed
by a further
quantity of gravel; (e) drainage pipes (4) are incorporated
in the base layer
(15). The base layer (15) and associated side inclines
(10) are formed of
shaped blocks (11) resting on a non-woven fibre mat (12)
and foil (13).

CHOSEN-DRAWING: Dwg.2/3

TITLE-TERMS: SUB SURFACE BIOLOGICAL FILTER SURFACE WATER
DRAIN THROUGH GRAVEL
LAYER ENCLOSE EARTHEN BASIN FILTER INTEGRATE
LANDSCAPE VISUAL
INTRUDE

DERWENT-CLASS: D15

CPI-CODES: D04-A01F;

UNLINKED-DERWENT-REGISTRY-NUMBERS: 1740P

SECONDARY-ACC-NO:

CPI Secondary Accession Numbers: C1996-019627